

になった。このとき、完走タイムが早くなるほど感染率が高くなることも報告されており、4時間以内で完走した人の約半数が感染した。これに対して、運動を習慣的に行っている人はそうでない人に比べて、ナチュラルキラー (NK) 細胞活性が高く、感染抵抗性が高いことが報告されている (Nieman, D. et al., 1995, Pedersen, B. K. et al., 1989)。NK 細胞はリンパ球の一種で、胞内にアズール顆粒を持つ大型の細胞である。生体内における役割として、腫瘍に対する監視機能、ウイルスなどの感染の制御が知られている。ヒトの免疫機能は精神的なストレスや身体的なストレスによって影響を受けるが、NK 細胞の機能も明らかな変化を示すので、免疫機能の変化の指標として用いられることが多い (Mackinnon, L. T., 1992)。運動に対する反応も多く、多くの研究者によって確認されており、Gannon, G. ら (1995) によって review されている。それによると、NK 細胞活性は強度の高い運動や長時間の運動では、運動中に増加し、運動後には運動前の値よりも低下する。その後6時間から24時間かけて、元の値に回復するが、1週間後まで低下した例も報告されている。この免疫抑制の状態は上気道感染に関連するとも考えられており、感染に対する“Open Window”と称されている。一方、比較的強度の低い運動では、このようなNK細胞活性の低下は認められないか、あってもわずかであると報告されている。

本研究では健康のための運動を前提に考え、比較的手軽に継続できる運動を想定し、運動時間を30分間に固定し、異なる運動強度のNK細胞への影響を検討することを目的とする。また、NK細胞活性に影響する β -エンドルフィンやプロスタグランディンの動態も測定し、NK細胞活性の変化のメカニズムを探る。以上の結果より、健康のために行う運動の強度はどの程度までなら良い効果が得られるのか検討する。

96年度は予備実験を行い、本実験のための測定項目、採血のタイミングを決定することを目的とした。

運動が免疫機能に及ぼす影響について

鈴井 正敏

Exercise and Immunology

Masatoshi SUZUI

I. はじめに

健康のために運動を行う人が増加しているが、運動は免疫機能にも影響を及ぼすことが知られている。Peters, E. M. ら (1983) が56kmのウルトラマラソンに参加した人140名について、レース後2週間以内に上気道感染にかかった割合を調べたところ、33%の人が感染しており、レースに参加しなかった人 (15%) の2倍の確率で感染したことが明らか

II. 方法

1. 被験者は健康な成人男子2名とし、実験にさきがけて自転車エルゴメーターを用いて最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$) と無酸素性作業閾値 (AT) を測定した。
2. 運動は自転車エルゴメーターで行い、運動時間は30分間とした。
3. 運動強度は、以下に示す3つの強度に設定した。

① 有酸素運動の強度 (Low=Aerobic), すなわち, 換気量 ($\dot{V}E$) / 酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) が増加し始める点から $-10\% \dot{V}O_{2max}$ の強度

② $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ が増加し始める点と $\dot{V}E$ / 二酸化炭素排泄量 ($\dot{V}CO_2$) が増加し始める点の中間点の強度 (Moderate=Isocapnic)

③ ①と②の強度の組み合わせた強度 (Combined), すなわち, 運動開始後25分まで①の強度で運動を行い, 最後の5分間を②の強度

4. 運動は5分間のウォーミングアップ後, 1 kp から始め, 1分間に0.5kp づつ, 目標強度に達するまで増加させた。回転数は60rpm に固定した。目標強度に達した後, 30分まで運動を継続させた。運動は $\dot{V}O_2$, $\dot{V}E/\dot{V}O_2$, $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ の変化から負荷を調節して, $\dot{V}O_2$ が一定になるようにした。回復期, 1時間まで安静を保持させた。

5. 採血は運動前, 運動終了直後, 5分, 15分, 30分, 1時間とした。

6. 測定項目は, NK 細胞数(モノクローल抗体法), NK 細胞活性(ユーロピウム法), β -エンドルフィン(RIA 法), プロスタグランディン E_2 (PGE₂, RIA 法) とした。

7. 3つの強度による実験はランダムに行い, 各実験の間は最低2時間の間隔をおいた。

8. $\dot{V}O_{2max}$ の測定及び, 実験中の $\dot{V}O_2$, $\dot{V}E/\dot{V}O_2$, $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ の監視にはミナト社製呼吸代謝連続監視システム (RM-300) を利用した。

9. NK 細胞は CD (cluster of differentiation) 分類による CD16⁺, CD56⁺, CD3⁻ とした。

10. NK 細胞活性におけるエフェクター: ターゲット比は20:1, 10:1, 5:1とした。

11. NK 細胞活性(%細胞傷害性)の算定式は以下の通りである。

$$\%細胞傷害性 = (\text{実験解離値} - \text{自然解離値}) / (\text{最大解離値} - \text{自然解離値}) \times 100$$

III. 結果

図1~3に運動前後の NK 細胞活性, β -エンドルフィン濃度, PGE₂濃度の平均値を示した。

今回の実験結果より明らかとなったのは以下の点である。

1. 強度設定では完全に aerobic な運動をさせるためには目標強度よりも低い強度で運動を行わなければならない。従って本実験では目標強度をあらかじめもう少し低いところに設定する必要がある。

2. $\dot{V}O_2$ を一定にするために運動開始からステディーに至るまでと20分以降で細かな強度調節が必要となった。

3. NK 細胞活性の変化を見ると Moderate=Isocapnic 強度で大きな変化を示した。これに対して Low=Aerobic 強度ではあまり変化せず, Combined 強度はその中間であった。これらの変化は運動強度をよく反映しており, 全体の強度設定自体はねらい通りであった。

4. β -エンドルフィンの変化は, Moderate=Isocapnic 強度での上昇だけであった。

5. PGE₂濃度の変化も強度依存が考えられる。PGE₂は NK 細胞活性に抑制的に作用すると言われ

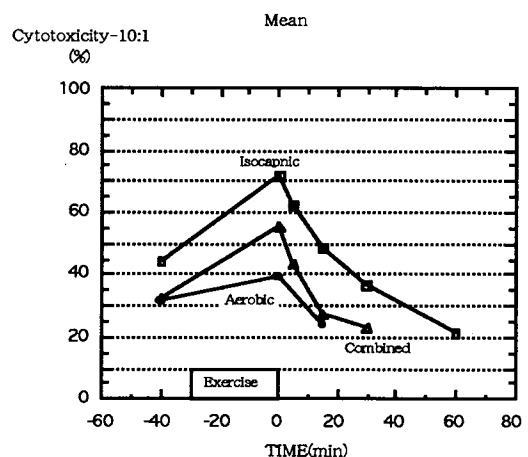
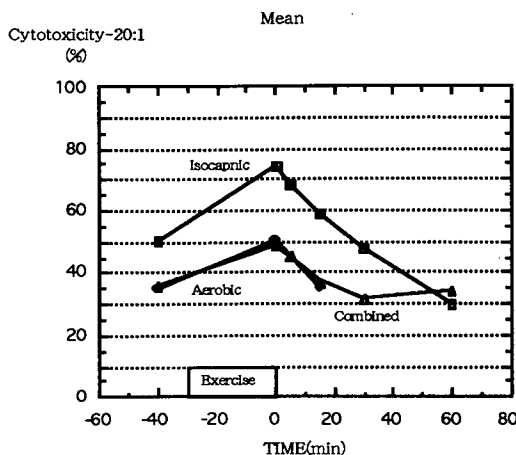
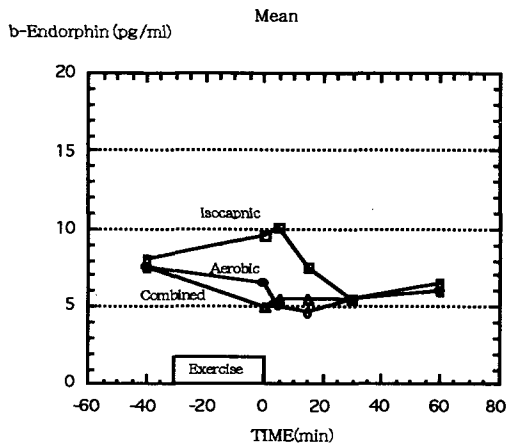
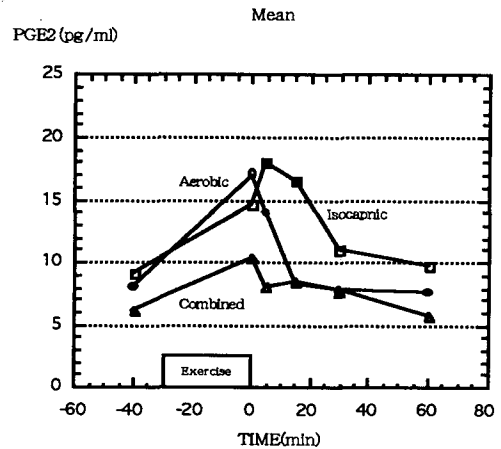


図1 運動前後の NK 細胞活性 (20:1, 10:1)

図2 運動前後の β -エンドルフィン濃度図3 運動前後の PGE₂

ているが、この変化はその説明に対して矛盾する結果となった。

6. 実験の目的のひとつとして運動後の短時間に生じる変化を明らかにしたいので、運動直後よりも運動終了直前の血液サンプリングの方がより明確な変化を表すことができることが考えられる。

以上、97年度の本実験に際し、興味深い検討点が得られた。